

An Infant Hearing Screening Test Using Auditory Eye Opening Response at Onset of Sleep

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-04 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/7869

入眠時聴性開眼反応を指標とした乳児難聴選別検査法

金沢大学医学部耳鼻咽喉科学講座 (主任: 梅田良三教授)

鈴木 重 忠

(昭和61年2月25日受付)

入眠時聴性開眼反応 (AEOR) の難聴乳児における誘発成績を調べ、その意識レベルと機序の解明を目的に電気生理学的研究を行ない、あわせて乳児難聴選別検査法としての有用性を検討した。AEOR は生後10日目から1歳未満の健聴乳児の150耳中148耳 (99%) に認められたが、両側性の難聴乳児では軽度以上の難聴42耳全てに誘発されなかった。しかし、1側性の難聴では20耳中3耳 (15%) にAEORが誘発され、取りこぼされることがわかった。成人3名におけるAEORは覚醒時の後半と睡眠stage 1の前半に誘発され、数百 msecの潜時を持ち、覚醒方向への脳波の変化を示すことから、反射レベルを越えた皮質レベルの干渉を受ける覚醒反応または探索反応に属するものと考えられた。第1段階でAEORを家庭で観察する乳児難聴選別プログラムでは、56,000名中23名 (0.04%) の難聴を発見することができ、AEORを指標とした乳児難聴選別検査法の有用性が示された。

Key words auditory eye opening response, infant hearing screening, electrophysiological study.

学童を対象とした選別聴力検査は、今日、広く実施され、医学的治療や教育的配慮などのケアが行われるようになってきている。一方、乳幼児を対象とした選別検査方法は未だ確立されていないため制度化されていない。急激な発達を示す乳幼児期には、たとえ1側性の軽度難聴があっても、その30%のものが学童期の学業成績で1~2年の遅れを示し、教育的、言語的および聴覚的発達が有意の差で遅れる¹⁾²⁾ことが知られている。したがって、乳幼児期に早く難聴を発見し、対策を講ずることは大きな意義をもつ。

近年、専門施設における behavioral observation audiometry (BOA) や play audiometry および電気生理学的手法による、蝸電図、auditory brain stem response (ABR)、middle latency response (MLR) などの進歩により、0歳児の難聴であっても診断がより確実になってきている。したがって、家族や周囲のものがいかにして難聴に気づき、早期に専門施設を訪れるかが問題解決の大きな鍵である。

肉眼的に観察しうる乳幼児の聴性行動としては、

Moro 反射、眼瞼反射³⁾⁴⁾、瞬目反射^{5)~7)}、眼瞼の開大^{8)~11)}、眼球運動¹⁰⁾¹²⁾、体動開始⁶⁾⁷⁾¹³⁾¹⁴⁾または停止、探索反応³⁾¹⁵⁾¹⁶⁾、吸啜反射¹⁷⁾、覚醒反射¹⁵⁾¹⁸⁾などや、あるいはこれらの反射や反応をまとめて驚愕反応¹⁶⁾¹⁹⁾と呼ばれるものが知られている。しかし、これらの指標は、年齢、被検者の状態、刺激音の種類や大きさによって一定ではなく⁴⁾⁶⁾⁷⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹⁵⁾、素人には観察が困難である。そこで、低年齢の乳幼児についての選別方法としては、先にわれわれが発見した入眠時聴性開眼反応²⁰⁾ auditory eye opening response (AEOR) が利用できるのではないかと考えた。AEOR は、入眠の閉瞼直後に見られる聴性の眼瞼開大反応であり、次の特徴をもっている。①生後10日目以降に観察できる。②40 dB (A) 以上の刺激音で誘発される。③精神遅滞および自閉傾向の有無にかかわらず誘発される。④誘発タイミングがよければ、初回刺激のみで健聴被検児の90%以上が反応を示す。したがって、重度難聴のみならず発見時期が遅れがちとなる軽度および中等度難聴を取りこぼさない可能性がある。

Abbreviations: AEOR, auditory eye opening response at onset of sleep; BOA, behavioral observation audiometry; EEG, electroencephalogram; E-EMG, eyelid electromyogram; H-EOG, horizontal electrooculogram; V-EOG, vertical electrooculogram.

また、AEORは、専門的な技術、聴覚の発達に関する知識および高価な機械を必要としないので、素人が家庭で容易に観察できるものと考えられる。親が家庭でAEORの有無を確認することができれば、軽度以上の難聴は選別されることになる。しかも、生後まもなくから実施できるので、早期発見の有効な手段となりうるといえよう。

しかしながら、難聴の程度別AEORの誘発率やAEORの本態や既知の諸聴性反応との関連は未だ明らかではない。本研究では、乳児難聴の程度別AEOR誘発率の検討と、AEORが誘発される意識レベルとその機序の解明を目的に電気生理学的な検討を行い、さらに、乳児難聴選別検査法として、第1段階に家庭でAEORを観察するプログラムを4年間試みた成績を検討したので報告する。

対象および方法

I. 難聴乳児のAEOR誘発率

1. 対象

当科にて難聴と診断された1歳未満の乳児41名で、難聴の程度別内訳は軽度(30 dB~49 dB) 1側性16耳、軽度両側性22耳、中等度(50 dB~79 dB) 1側性

3耳、中等度両側性4耳、高度または聾(80 dB~) 1側性1耳、高度または聾両側性16耳、計62耳である。対照群は、難聴を疑って当科を受診し、両側とも健聴と診断された生後10日目から1歳未満の乳児75名、150耳である(表1)。

2. 方法

静かな室内で、乳幼児用オージオメータ(TB-02 リオンKK) 3kHzの震音または舌打ち音(舌尖と上歯茎間で1秒間に4・5回連発するもので、3kHz付近にピークを持つ広帯域のクリック様音)(図1)を刺激音として、耳元からおよそ50 cmの距離から50~55 dB(A)(表2)の強さで、自然睡眠または薬物(トリクロロールシロップ)睡眠の入眠時閉眼直後に、2・3秒間片耳ごとに与えた。音刺激開始後3秒以内に開眼したものを正反応とした。健聴乳児には3kHz震音または舌打ち音で、難聴乳児には3kHz震音での成績を見た。

II. AEORの電気生理学的研究

1. 対象

両耳の聴力レベル20 dB以下の健聴成人3名(23歳と43歳の女性、27歳の男性)。

2. 手続き

Table 1. Characteristics of subjects

Age in months	Hearing Impaired Number	Normal Number
	Severity and Type	
0	3 UMi 1, BMi 1, US 1	7
1	3 UMi 1, BMi 2	4
2	1 BMo 1	6
3	6 UMi 3, BMi 2, BS 1	10
4	8 UMi 2, BMi 2, UMo 1, BMo 1, BS 2	15
5	7 UMi 3, BMi 3, UMo 1	9
6	6 UMi 3, UMo 1, BS 2	10
7	1 UMi 1	2
8	1 UMi 1	2
9	2 UMi 1, BMi 1	3
10	0	2
11	3 BS 3	5
Total	41 UMi 16, BMi 11, UMo 3, BMo 2, US 1, BS 8 62 (ears)	75 150 (ears)

U, unilateral; B, bilateral; Mi, mild; Mo, moderate; S, severe and deaf

暗騒音 50 dB (A) のシールド室にて、仰臥位で左耳に約 50 cm の距離から 55 dB (A) の立ち上がり 100 msec, 立ち下がり 50 msec の震音 (1, 3 kHz) を音刺激とし、2・3 秒間提示した。測定は Sanei-Electroencephalograph 1 A58 を用い、左右の前頭 (F)・側頭 (T)・中心 (C)・頭頂 (P)・後頭 (O)・側頭—中心 (T-C) の脳波 (EEG), 左右の水平眼球運動 (horizontal electrooculogram, H-EOG), 左垂直眼球運動 (vertical electrooculogram, V-EOG), 眼瞼 (eyelid electromyogram, E-EMG) および頤の筋電図を同時記録した。

音刺激を提示するときの意識レベルは、Association for the Psychophysiological Study of Sleep (APSS) の標準的判定法²¹⁾を参考に、次の 9 段階とした。

- 1) stage W 前半での開瞼時—EEG・EMG の振幅大、速い EOG と瞬目が見られる。
- 2) stage W 前半での閉瞼時—EEG・EMG の振幅

大、 α 波増大。

3) stage W 後半—EMG 振幅小、 α 波減少、ゆるい slow EOG。

4) stage 1 前半— α 波 20% 以下、 δ - θ 波が主、EMG 振幅小。

5) stage 1 後半—hump 波の出現。

6) stage 2—Spindle, K-Complex 波の出現。

7) stage 3—20~50% の高振幅の徐波。

8) stage 4—50% 以上の高振幅の徐波。

9) stage REM—偶発的に速い EOG, 低振幅の EMG, 低電位の EEG。

覚醒~自然睡眠時に以上の各段階で音刺激を提示することとした。

III. AEOR を指標とした乳児難聴選別検査法

1. 対象

昭和 56~59 年度に石川県下で出生した 1 歳未満の乳児約 56,000 名を選別対象とした。

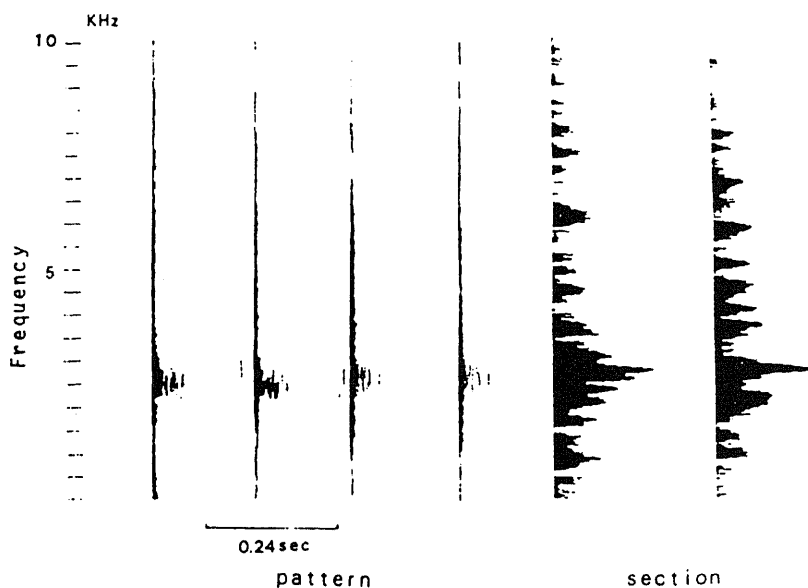


Fig. 1. Soundspectrogram of tongue clicking sounds.

Table 2. Loudness of tongue clicking sounds by mothers

Number of Mothers	Loudness dB(A)	
	Mean	SD
10	52.4	2.4

2. 手続き

選別プログラムは次の3段階とした。

第1段階：家庭で母親が舌尖と上歯茎で発せられる舌打ち音(3kHzにピークを有するクリック音様音, 1秒間に約4・5回, 口元から50cmで50~55dB(A)で約2秒間刺激し, AEORの有無を観察する。この方法は, 出生届けの際役場で手渡されるパンフレット, あるいは3カ月健診の際に保健婦の説明で母親に知らされる。家庭でAEORが認められなかった場合や疑わしい時は, 地域の保健所に届けることとする。

第2段階：保健所に届け出のあった乳児を対象に保健婦または言語治療士が新生児用オージオメータ(リオンKK TB-02)や玩具などで, BOAを行い, 両耳とも1kHzおよび3kHz各50dB(A)震音の両方に反応が明らかでない場合は, 親の同意を得て金沢大学または金沢医科大学の耳鼻咽喉科外来に紹介する。

第3段階：両大学では, 保健所より紹介されたものに精査を行い最終診断をする(図2)。以上のプログラムを実施するにあたって, 保健婦の代表者を集め, AEORの説明やBOAの方法および新生児用オージオメータの操作などについての講習を行った。

成 績

1. 難聴児のAEOR誘発率

1. 健聴乳児のAEOR誘発成績

0~11カ月の健聴乳児の150耳中148耳(99%)でAEORは正反応であった。反応がなかったのは0カ月と2カ月の各1耳のみであった。震音(99%)と舌打

ち音(98%)とでは差がなかった。また, 月齢による大きな差もなかった(表3)。

2. 難聴乳児のAEOR誘発成績

両側性の軽度, 中等度, 高度または聾では, 42耳ともAEORは見られなかった(0%)。一方, 1側性の軽度難聴では16耳中2耳(12.5%), 1側性の中等度難聴で3耳中1耳(33%)にAEORを認め, 1側性全体では20耳中3耳(15.0%)であった(表4)。

II. AEORの電気生理学的研究

1. 得られたサンプル数

3人の対象ともstage 3, 4とREMには達しなかったが, stage W~stage 2までの記録27サンプルが得られた。その1例を図3に示した。これは, stage 1前

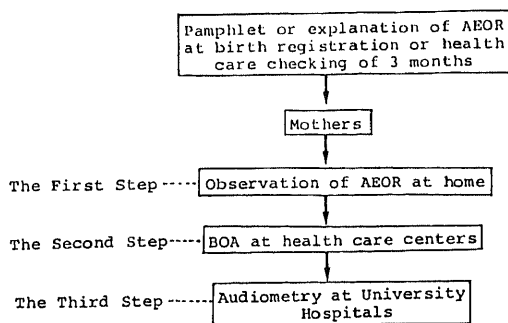


Fig.2. Flow chart of the screening program, AEOR, auditory eye opening response at onset of sleep; BOA, behavioral observation audiometry.

Table 3. Evoked AEOR of normal infants

Age in months	3kHz warble tone Responded Ears/Ears	Tongue Clicking Sounds Responded Ears/Ears	Total Percent
0	9/10	4/ 4	93
1	6/ 6	2/ 2	100
2	6/ 6	5/ 6	92
3	12/12	8/ 8	100
4	18/18	12/12	100
5	16/16	12/12	100
6	14/14	6/ 6	100
7	2/ 2	2/ 2	100
8	2/ 2	2/ 2	100
9	4/ 4	2/ 2	100
10	4/ 4	-	100
11	4/ 4	6/ 6	100
Total	97/98	51/52	99%

半のもので、音刺激後に開瞼、閉瞼するためにおこる E-EMG と V-EOG とのアーチファクト変化(基線の大きなゆらぎ)が明らかに見られ、EEG に α 波の出現が認められる。EEG は、E-EMG のアーチファクトの影響を受けて大きく振れ、F, C, P, T, O, の順に小さくなる。O の EEG は遅い潜時で(-)に大きく振れている。

2. 各 stage における聴性変化の特徴

1) stage W 前半の開瞼時

EEG の α 波は音刺激によって誘発されないか、出ていたものが消失した (α -blocking)。頻繁な眼瞼の開閉によるアーチファクトのため、H-EOG, V-EOG, E-EMG の誘発は不明または認められない(図 4-a)。

2) stage W 前半閉瞼時

α 波の消長は開瞼時の同様であった。EOG と EMG の変化は認められない(図 4-b)。

3) stage W 後半

音刺激により速波の出現または α -blocking の傾向を示した。E-EMG と V-EOG のアーチファクト変化は明らかに認められる(図 4-c)。

4) stage 1 前半

stage W 後半とは異なり、 α 波が音刺激によって誘発される傾向を示した。E-EMG の変化も認められる(図 5-a)。

5) stage 1 後半

α 波の出現は明らかに認められるが、E-EMG の変化は殆んど見られない(図 5-b)。

6) stage 2

α 波は出現するが、E-EMG の変化はない(図 5-c)。得られた 27 サンプルの脳波と眼瞼筋電図の変化を各 stage 別にまとめると(表 5)、脳波の変化に対応して眼瞼筋電図の変化が現われるのは、覚醒時の後半と睡眠 stage 1 の前半に集中した。

3. 潜時

1) 開瞼反応の潜時

音刺激後 200 msec~900 msec, 平均約 630 msec で開瞼が誘発された(図 6)。

2) EEG の α 波の潜時

音刺激後に見られた α 波の消長は、200 msec~800 msec, 平均 430 msec で誘発された。

3) 刺激音による潜時の差

55 dB (A) の 1kHz と 3kHz との開瞼反応や α 波の消長に対する差異はとくに認められなかった。

III. AEOR を指標とした乳児難聴選別検査法

1. 本プログラムによる難聴の選別成績

1) 第 1 段階で選別された 1 歳未満の疑難聴児は、昭和 56 年度 86 名、昭和 57 年度 99 名、昭和 58 年度 72 名、昭和 59 年度 85 名、年平均 85.5 名であり、総対象数の 0.61% が選別された。

Table 4. Evoked AEOR of hearing impaired infants

Age in months	Responded Ears/Ears by Severity and Types						Total
	UMi	UMo	US	BMi	BMo	BS	
0	0/ 1	—	0/ 1	0/ 2	—	—	0/ 4
1	0/ 1	—	—	0/ 4	—	—	0/ 5
2	—	—	—	—	0/ 2	—	0/ 2
3	0/ 3	—	—	0/ 4	—	0/ 2	0/ 9
4	0/ 2	1/ 1	—	0/ 4	0/ 2	0/ 4	1/13
5	0/ 3	0/ 1	—	0/ 6	—	—	0/10
6	1/ 3	0/ 1	—	—	—	0/ 4	1/ 8
7	0/ 1	—	—	—	—	—	0/ 1
8	0/ 1	—	—	—	—	—	0/ 1
9	1/ 1	—	—	0/ 2	—	—	1/ 3
10	—	—	—	—	—	—	—
11	—	—	—	—	—	0/ 6	0/ 6
Total	2/16	1/ 3	0/ 1	0/22	0/ 4	0/16	3/62
(Percent)		3/20 (15%)			0/42 (0%)		(4.8%)

U, unilateral; B, bilateral; Mi, mild; Mo, moderate; S, severe and deaf

2) 第2段階では、各々の年度に9名、23名、18名、30名、計80名、年平均20.0名、総対象数の0.14%が選別された。

3) 第3段階では、第2段階で選別された全員が精検を受け、各々の年度に4名、2名、8名、9名、計23名、年平均5.8名の難聴児が発見された。これは、総対象数の0.04%に相当した。

4) 年平均取り込みすぎ率は、第1段階で14.9倍、2段階で3.5倍であった(表6)。

2. 選別された難聴の内訳

1) 30~49 dB の軽度難聴は、各々の年度に1側性2名、1側性2名、1側性1名、1側性3名と両側性2名の計10名(うち8名が伝音難聴)であった

2) 50-79 dB の中等度難聴は、昭和56年度に1側性1名、昭和58年度に両側性2名の計3名であった。

3) 80 dB 以上の高度難聴ないし聾は、昭和56年度に両側性1名、昭和58年度に両側性4名、1側性1名、昭和59年度に両側性3名、1側性1名の計10名であった(表7)。

3. 精検児の内訳

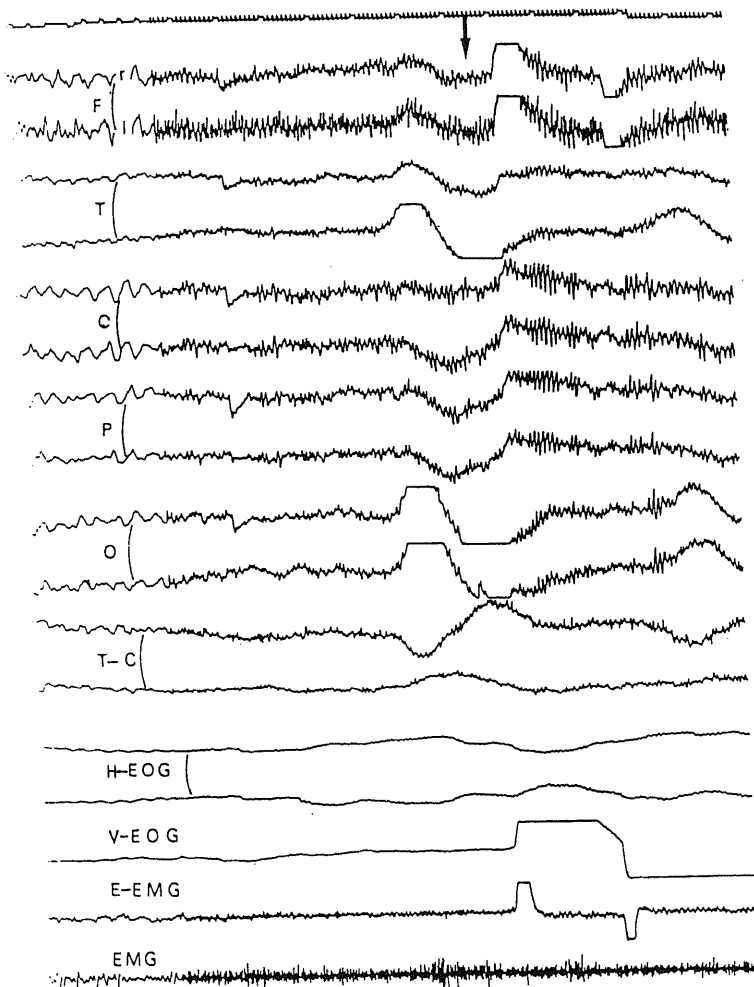


Fig.3. Simultaneous records at earlier part of sleep stage 1. After the sound stimulation (arrow mark), the changes appear. F, frontal electroencephalogram (EEG); T, temporal EEG; C, central EEG; P, parietal EEG; O, occipital EEG; T-C, temporal-central EEG; H-EOG, horizontal electrooculogram(EOG); V-EOG, vertical-EOG; E-EMG, eyelid-electromyogram. (In subsequent figures, T, T-C EEG & H-EOG are omitted since they do not show much changes).

1) 本プログラムの第3段階で精検を受けた1歳未満児の4年間80名の平均月齢は、4.5カ月(0~11カ月)であった。

2) 本プログラムの精検で発見された4年間の難聴児23名の平均月齢は、4.8カ月(0~11カ月)であった。

3) 本プログラムによらないで、直接両大学を受診し精検を受けた1歳未満児の4カ年間89名(総対象数の0.16%)の平均月齢は4.7カ月(0~11カ月)であった。

4) 本プログラムによらないで精検を受け、難聴が発見された4カ年間27名(総対象数の0.05%)の平均

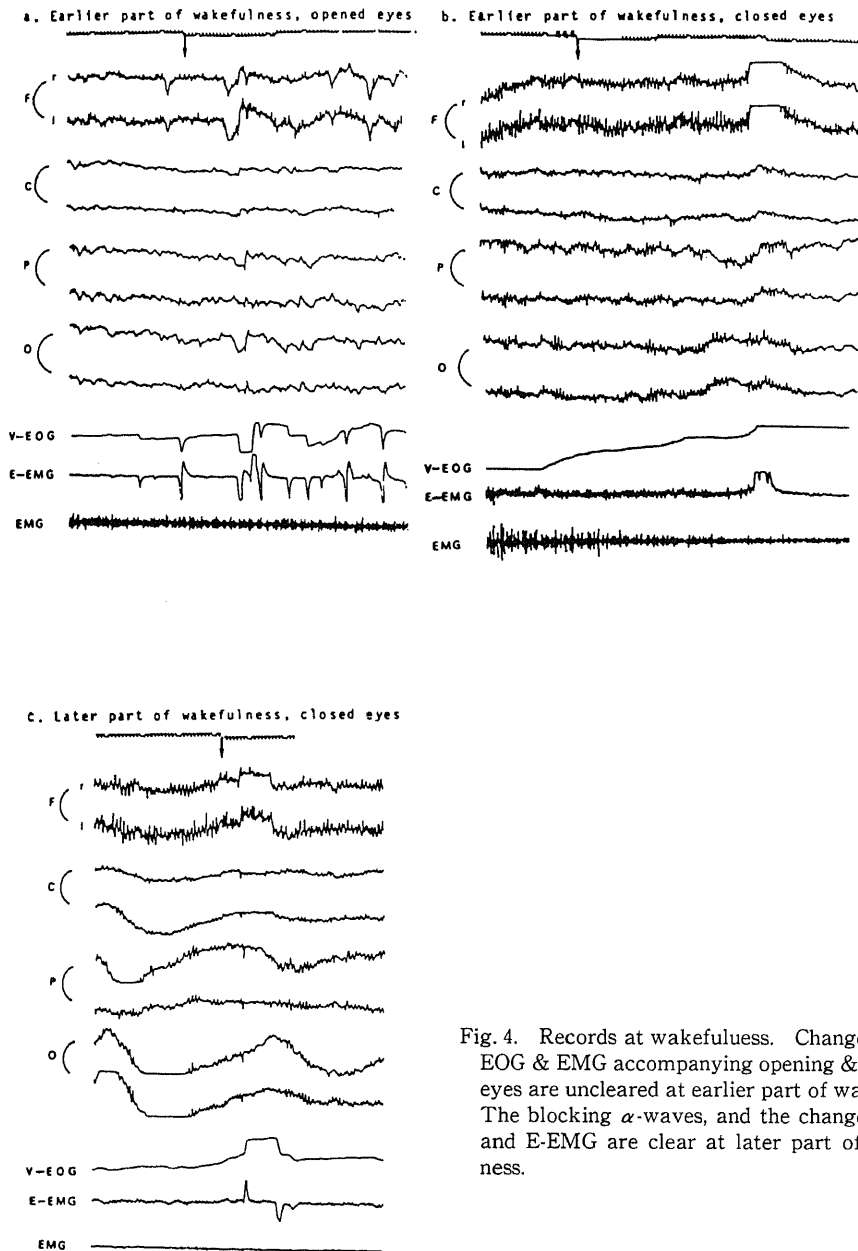


Fig. 4. Records at wakefulness. Changes of EEG, EOG & EMG accompanying opening & closing of eyes are unclear at earlier part of wakefulness. The blocking α -waves, and the changes of EOG and E-EMG are clear at later part of wakefulness.

月齢は、5.3カ月（0～11カ月）であった（表8）。

5）本プログラム内外の4年間の総精検児年平均数は42.3名、発見された総難聴児年平均数は、12.5名（総対象児の0.09%）であり、これらのおよそ半数が本プログラムによるものであった。

6）本プログラム実施以前の昭和53～55年度の3カ年間の1歳未満児の精検児年平均数は23.7名（平均月齢4.7カ月）であり、発見された難聴児年平均数は5.7名（平均月齢は5.7カ月）であった。この数は昭和

56～59年度の本プログラムによらない数にほぼ相当した（表9）。

考 察

生後10日目から1歳未満の健聴乳児が示したAEORの誘発率は99%の高率であった。この値は、既に報告されている乳児の覚醒反応が2%¹⁾、眼瞼の開大、閉鎖反応が10.5%～23.8%²⁾という値を大きく上まわる。したがって、10日目以降の乳児の反応を肉眼的に観察

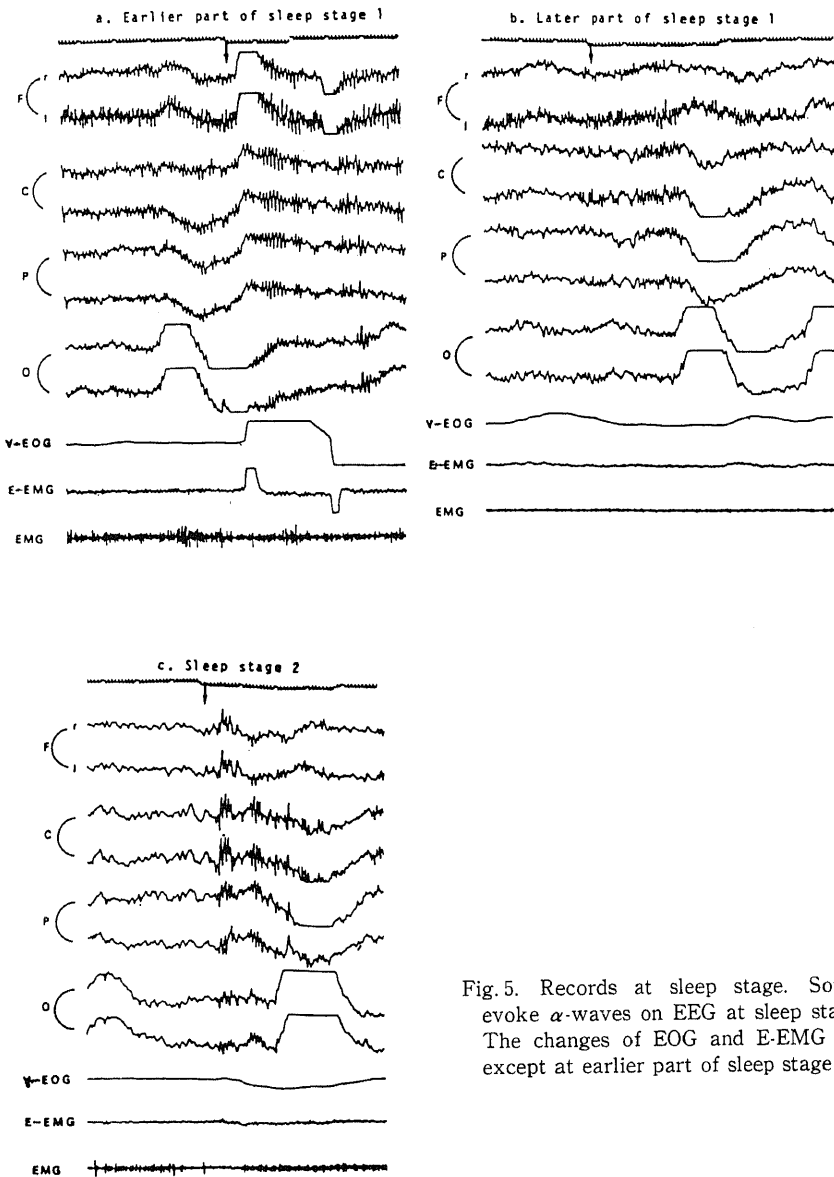


Fig. 5. Records at sleep stage. Sound stimuli evoke α -waves on EEG at sleep stage 1 and 2. The changes of EOG and E-EMG are unclear except at earlier part of sleep stage 1.

Table 5. Change on electroencephalogram and electrooculogram of eyelid

Stage	Number of Samples	Change on α -waves	Change on EMG of Eyelid
Wakefulness			
Earlier part			
Opened Eyes	4	-+-	±±--
Closed Eyes	6	+±+±±±	-----
Later part			
Closed Eyes	4	+±++	++++
Sleep			
Earlier part of			
stage 1	6	+±++++	++++±±
Later part of			
stage 1	4	++++	--±-
Stage 2	3	+++	---

+, clear change; ±, unclear change; -, no change.

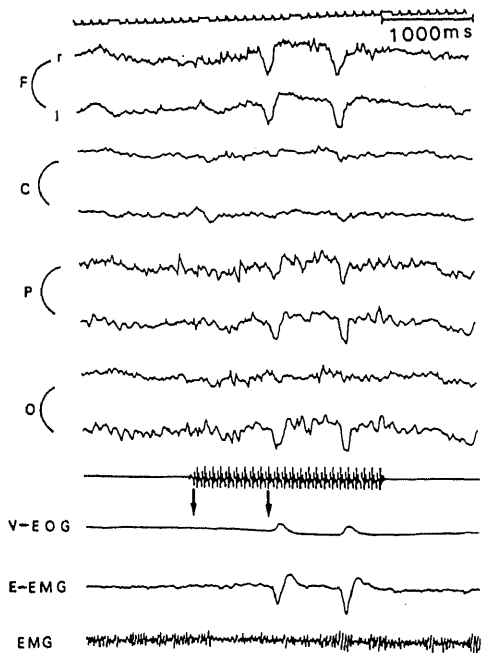


Fig. 6. Latency of AEOR. The changes of EEG are evoked at about 400 msec after presentation of the stimulus, V-EOG and E-EMG are evoked with 600 msec latency.

するには AEOR が最も適しているようである。加我ら²³⁾は、1~3カ月の乳児の聴性行動は平均 100~82 dB, 6カ月で 55 dB, 12カ月で 40 dB で観察されるとまとめている。しかし、AEOR は3カ月以下の乳児でも 50~55 dB で誘発されている。難聴を選別するためには、難聴をできるだけ取りこぼさない小さい音であることが必要なので、AEOR はすぐれた反応域値をもっているといえる。

Downs ら²⁴⁾によれば、先天性難聴児では 3kHz の聴力が有意の差で低いので、選別検査音としては 3kHz 音が望ましいという。舌打ち音と、3kHz 震音とでは誘発差がなかった。これは舌打ち音の周波数成分が聴性反応が出やすい 3kHz 付近にピークをもつものであることと関連があるように思われる。舌打ち音の大きさは、比較的恒常性が高い。10名の母親の発する舌打ち音を測定してみると、口元から 50 cm 離れて 50~55 dB (A) の範囲内にあり、刺激音の大きさとして安定したものである。したがって、舌打ち音の成分や大きさのみならず、家庭でいつでも刺激音として用いることができる点で便利なものといえよう。

難聴乳児の AEOR は軽度以上の両側性難聴の全員が無反応であった。軽度難聴も取りこぼさなかったことは、AEOR の反応域値が低いことを示唆しており、選別法として適切なものである。しかし、1側性の難聴耳では取りこぼしが 15% あった。これは、健聴耳側の反応によるものと思われるので、今後刺激音をさらに小さくするか、対側耳の遮蔽を正確にするとかの工夫が必要であろう。

AEORの電気生理学的研究では、入眠時をEEG、EOGおよびE-EMGの変化で同定することはできなかったが、覚醒から睡眠stage 2までのサンプルを得ることができた。その結果、眼瞼が比較的弱い音刺激によっても開大しやすいのは、覚醒時の後半ないし睡眠stage 1の前半であることがわかった。おそらく、入眠時の閉瞼直後とはこれら2つのstageの中間あたり、または両者を含んだstageと推測される。

音刺激から開瞼までの潜時は平均630 msecであった。これは、eye-blink reflexの潜時が数10 msec以内の値³⁾⁹⁾²⁵⁾と大差であり、両者は質的に異なるものであることが示唆される。

心理学事典²⁶⁾によれば、反射は、刺激による神経の興奮が意識とは無関係の中樞神経系のレベルで折り返され、効果器に現れる現象であるという、この定義にしたがえば、反射の潜時は短かく、意識レベルで折り返

Table 6. Screening ratio during four years

Year	Step	Number of Possibly Hearing Impaired	Number of Definitely Hearing Impaired	Screening Ratio
1981	1	86(0.16%)	— —	21.5
	2	9(0.06%)	— —	2.3
	3	— —	4(0.03%)	—
1982	1	99(0.71%)	— —	49.5
	2	23(0.16%)	— —	11.5
	3	— —	2(0.01%)	—
1983	1	72(0.51%)	— —	9.0
	2	18(0.13%)	— —	2.3
	3	— —	8(0.06%)	—
1984	1	85(0.61%)	— —	9.4
	2	30(0.21%)	— —	3.3
	3	— —	9(0.06%)	—
Total	1	342(0.61%)	— —	14.9
	2	80(0.14%)	— —	3.5
	3	— —	23(0.04%)	—

Table 7. Details of hearing impaired infants

Year	Type	Mild	Severity Moderate	Severe	Total
1981	Unilateral	2	1	0	3
	Bilateral	0	0	1	1
1982	Unilateral	2	0	0	2
	Bilateral	0	0	0	0
1983	Unilateral	1	0	1	2
	Bilateral	0	2	4	6
1984	Unilateral	3	0	1	4
	Bilateral	2	0	3	5
Total	Unilateral	8	1	2	11
	Bilateral	2	2	8	12
		10	3	10	23

される反応はより長い潜時を必要とすると考えられる。Galambosら⁸⁾によると、35-40 msecの潜時をもつ聴性の eye-blink reflex (cochleo-facial reflex)は中耳筋の反射(10 msec)に眼瞼筋までの経路が加わったものと推測されている。この値は、われわれが先に測定した音刺激から聴皮質までの聴神経伝導路過程が60 msec²⁷⁾である値より小さいので、eye-blink reflexは皮質に至っていない脳幹レベルで折り返された反射であることが推測される。一方、皮質レベルの反応である聴刺激に対する指や音声の反応時間(皮質レベルの弁別や運動企画過程を含む)は200 msec~350 msec²⁷⁾である。したがって、数百 msecの潜時を

もつ AEORは脳幹での反射レベルを越えたより高いレベルの反応に相当するといえる。

覚醒開瞼時に明らかでなかった聴刺激による EEGの変化は平均430 msecの潜時で、覚醒時の後半に α 波が blockingされ速波が、睡眠 stage 1の前半から stage 2に α 波が出現した。これは、これらの段階の脳波が音刺激によって速波化し、意識レベルが覚醒に向けて変化したことを示している。一方、脳波の潜時におよそ200 msec遅れて眼瞼の開大が始まっている。この200 msecは、われわれが既に報告した²⁷⁾聴刺激から構音までの伝導過程の分析結果と照合すると、皮質レベルの弁別過程が60 msec、運動企画過程が30

Table 8. Details of infants who had audiometry at University Hospitals

Age in months	This Program		Others*	
	Number of Tested	Number of identified Hearing Impaired	Number of Tested	Number of identified Hearing Impaired
0	1	1	7	2
1	1	0	4	3
2	3	1	3	0
3	15	3	20	3
4	30	8	21	3
5	15	3	10	6
6	9	4	3	1
7	1	1	5	2
8	1	0	2	1
9	1	0	4	2
10	0	0	2	0
11	3	2	8	4
Total	80	23	89	27
Percent	0.14%	0.04%	0.16%	0.05%
Mean Age (months)	4.5	4.8	4.7	5.3

*Note: Cases tested at University Hospitals without prior participation in the AEOR screening program.

Table 9. Definitely hearing impaired infants during 3 years before this program started

	Number of Tested	Number of Hearing Impaired
	71	17
Mean Age (Months)	4.7	5.7

msec, 運動神経伝導路過程は 80 msec 計 170 msec の値にほぼ相当する。皮質から眼瞼までと、構音器官までとの差は多少あるにしても、この 200 msec という値は皮質経由の伝導過程に相当するようである。したがって、AEOR の眼瞼開大は皮質レベルの支配を受けていると考えられる。

以上の AEOR の潜時、脳波の変化および脳波と AEOR との潜時差をあわせ考えると、AEOR は皮質レベルの干渉を受けた覚醒反応または探索反応に属するものようである。本研究の結果をそのまま乳幼児に当てはめるのは今後の課題であるが、生後数カ月以内に肉眼で観察しえる聴性反応の多くは、強大な音刺激 (90-110dB) によって起る Moro 反射, eye-blink reflex, pupil reflex など驚愕反応といわれる脳幹レベルの反射である¹⁸⁾²³⁾。したがって、生後まもなくから見られ、比較的弱い音刺激によっても誘発される AEOR は特異な存在といえよう。

乳幼児期に難聴があると、聴覚および言語発達等の遅滞が惹起されることはよく知られている。音声言語の認知^{28)~32)}のみならず文字言語の認知^{33)~35)}も 1 歳前から始まることを考えると、医学的治療や言語治療の配慮は遅くとも生後 7・8 カ月に開始されることが望ましい。そのためにも、難聴は生後 5・6 カ月頃まで発見される必要がある。

難聴の早期選別検査を大別すると 4 つの方法がある。①一定の音源を用いて誘発される聴性諸反射を指標にするもの²⁴⁾³⁶⁾³⁷⁾。②聴覚の発達チェックリストによるもの³⁸⁾³⁹⁾。③聴性体動を自動記録するもの¹³⁾⁴⁰⁾。④リスク児を選別対象にしぼるもの³⁸⁾などである。

これらの方法はすでに追試されたり、現在検討中のものであるが、最も大きな問題点は、難聴児が極めて低い頻度であるため選別検査の生産性が低いことである。

①の方法では、聴性反射を見定めるには熟練を要し、また、聴性反射を誘発する刺激音が比較的大きいため、軽度難聴や中等度難聴および高度難聴の一部をとりこぼす可能性があるという欠点をもつ。さらに、中等度以上の難聴の頻度が 0.1%前後⁴¹⁾という低さを考慮すると、全対象児を検査することは時間的、労力的などの経済性でも問題がある。

②の方法は親に聴覚の発達をチェックしてもらい、問題のあるものを検査対象児にしぼることができ、しかも中等度難聴もとりこぼさない³⁹⁾という点ですぐれているといえよう。しかし、1 歳未満で 42 項目をチェックすることは望ましいことであるが、親の主観が入りやすく複雑な負担になることは否めないであろう。今井ら⁴²⁾の報告によると、質問紙法では回収率が悪

く(36%)、しかも、回答者による判定基準の相違が回答に含まれてくるという問題点が指摘されている。

③の方法は、検査者の観察負担を軽減し、反射を客観的に評価しうる点で長所がある。しかし、①の方法と同様、全対象児に実施するには高価な機械の普及という経済性と労力、時間の点で問題が残る。他の方法との組み合わせなどの工夫が必要であろう。

④の方法は、対象児数ある程度限定するという長所をもつが、リスク児の難聴を発見しえても、リスク児以外における同じかそれ以上と思われる難聴児を取りこぼすことになり、必ずしも有効な方法といえない。たとえば、悉皆検査である Downs ら²⁴⁾の成績では、1 万人を対象として 150 名がとりこまれて、取りこぼされた 2 名の難聴を加えると、最終的に 4 名が難聴であった。実際に難聴であったもののうち 3 名までが血族内に難聴が認められており、残りの 1 名 (25%) が原因不明の難聴であったという。Mencher⁴³⁾は 10,000 名中 9 名の難聴を発見し、そのうちリスク児に該当しなかったものは 4 名 (44%) であったと述べている。また、石沢⁴⁴⁾によれば、原因不明の難聴は 535 名中 182 名の 34.0%と報告されている。田中ら⁴⁵⁾は、10 歳以下の感音難聴児 729 名の原因調査を行い、原因不明 41%、周産期異常によるもの 24.5%であったと報告し、この結果からリスク児中心のチェック法では原因不明の先天性難聴が取りこぼされると危惧している。この見地から Northern ら⁴⁶⁾も BOA 検査とリスク児選別との両者併用を提唱としている。

先に述べたいずれかの方法で選別検査を行ったもののうち、第 1 段階に相当する人数が記載されていたものについて、取り込みすぎ率を算出してみると、①の Downs ら²⁴⁾の取り込みすぎ率が 75 倍 (2/150, 10,000 名を対象に選別検査を行ない、第 1 段階で選別されたものは 150 名、そのうち難聴と診断されたものは 2 名)、同様な方法で行っている Shapiro³⁷⁾の結果は 600 倍以上、Hardy⁴⁷⁾のそれは 191 倍以上であった。②のチェックリストを用いた田中ら³⁹⁾の結果は 22 倍以上 (対象 1173 名のうち第 1 段階で難聴が疑われたものが 22 名で、実際に難聴と診断されたものはいなかった)であった。③の Simmons ら⁴⁸⁾の結果は 41 倍 (対象児 6,000 名のうち、Crib-o-Gram で選別されたものは 327 名で、最終的に難聴と確定されたものは 8 名)であった。第 2 段階に相当するリスク児による選別検査を行った University of Colorado Medical Center の報告⁴⁹⁾によると、67 倍 (10,726 名の対象児のうち、リスクファクターで選別されたものが 372 名で、そのうち 17 名の難聴が発見された)である。これらの成績と、本プログラムの第 1 段階で 14.9 倍、第 2 段階で

3.6倍とを比較すると、本プログラムの取り込みすぎ率は最も低いものである。したがって、AEORによる乳児難聴選別検査法は取り込みすぎ率に関しても有用であることが示唆される。

軽度難聴や中等度難聴では大きい音に反応するため、高度難聴や聾よりも発見が遅れがちになり、幼児期の言語発達上問題とされている⁴¹⁾。医学的治療や補聴効果の可能性が高い軽度、中等度難聴を取りこぼすような選別検査では意義が少ない。そのためは、できるだけ小さい音で軽度難聴をも選別するものであることが必要である。

前述の選別検査で発見された難聴の程度については、Simmonsら⁴⁰⁾の8名が全て中等度から高度難聴、Univrsity of Colorado Medical Center⁴⁶⁾では、軽度6名、中等度8名、高度3名と記載されている。この両者を比較すると、前者では軽度難聴が取りこぼされていると推測される。その理由は、選別音の大きさによると考えられる。前者の聴性体動を記録するには、選別音の大きさが92-93dB (SPL)という強大音を使用しているためであろう。この点AEORを指標とした本選別法では10名の軽度難聴を取り込んでいる。これは、比較的小さい、50-55dB (A)の舌打ち音を用いているため、軽度難聴を取りこぼす危険性が少ないことを示している。したがって、本選別法は軽い難聴や片側性をも取りこぼすことが少ない点でも有効な方法といえる。

乳児の聴性反応を誘発しやすい音として、船木⁴⁸⁾は、3kHz帯域のnoiseが最も有効であったと報告している。本選別検査法では、器具を必要とせず誰でも簡単に発せられるものである舌打ち音を用いている。この舌打ち音は3kHz付近にピークをもつ帯域音である。したがって、刺激音の性質という点でも本選別法は長所をもっているといえよう。

乳幼児の聴性反応の種類については、Moro反射、瞬目反射、吸啜反射などが報告されているが、対象児の発達段階によっては示す反応は必ずしも一様ではない。これらの反応のすべてを知って、乳幼児の聴性反応を観察することは、一部の専門家にとって可能であっても、一般の親にとっては不可能である。

AEORは、音刺激に対する眼瞼の開閉を見るだけのものであり、その他の知識を必要としない。素人が家庭でも観察できる最も単純な方法といえる。しかも、何回も試みることができるため、進行性や後天性の難聴もチェックできる利点を持つものである。

第2段階での取り込みすぎは、平均3.5倍であった。本プログラムによらないで直接両大学病院を精検に訪れた対象児中の難聴発見率は、昭和56, 57, 58, 59年

度を合計すると、89名中27名、30%であるのに比し、本プログラムは、4年間で80名中23名、29%と同様の成績である。また、本プログラム実施前の3年間に発見された難聴の年平均数6.8名に対して、本プログラム実施後の4年間に発見された難聴の年平均数は12.5名と2倍近く増加している。したがって、本プログラムは両大学病院での精検効率を低下させず、かつ早期発見数を増加させる上でも役立つといえよう。

本プログラム内外で平均4.6カ月に発見された難聴の合計50名は総対象数の0.09%、本プログラムではその半数近い0.04%を占めた。前述の難聴児の言語治療開始時期は遅くとも7・8カ月が望まれる点では、発見時期そのものでも好成績であった。しかし、幼児難聴の頻度0.3~0.5%²⁴⁾⁴⁹⁾からは、未発見の難聴が少なくとも3倍以上と推測される。したがって、今後の課題の1つは、より多くの親に本プログラム参加を啓蒙することであろう。

さらに、第1段階での取り込みすぎは年平均14.9倍であり、改善の余地がまだあるように思われる。事実、AEORの誘発方法について第2段階での母親に確かめると、その多くはAEORを誘発するタイミングを十分理解していないためにAEORを観察できなかったということであった。すなわち、パンフレットを読むことや口頭による説明のみでは、第1段階のAEORの観察方法が十分理解されていないことが示唆された。また、最初にAEORの誘発方法を説明する保健婦を対象に行なった講習会は、初年度以降なされていないことも理由の1つであろう。この対策としては、AEOR誘発の実際の様子をビデオや映画で撮影したものを母親や保健婦に示すことや、保健婦を対象にした講習会の開催を、AEOR観察方法が周知徹底するまでは継続することが必要と考える。

結 論

AEORの誘発成績を、生後10日目から1歳未満の健聴乳児と難聴乳児について検討した。健聴乳児では150耳中148耳(99%)に誘発された。一方、両側性難聴では、軽度以上の難聴42耳全てに誘発されなかったが、1側性難聴では20耳中3耳(15%)に誘発された。このことから、AEORを見ることで軽度以上の両側性難聴の全てと、1側性難聴の半数以上を選別できることがわかった。

成人3名を対象としたAEORの電気生理学的検討では、覚醒時の後半と睡眠stage1の前半にAEORが誘発され、また、数百msecの潜時で覚醒方向へ脳波が変化することから、AEORは反射のレベルを越えたよ

り高次の干渉を受ける覚醒反応または探索反応の一種と考えられた。

第1段階でAEORを家庭で親が観察する乳児難聴選別プログラムでは、56,000名中23名(0.04%)の難聴乳児を発見することができた。このことから、AEORを指標とした本プログラムは、乳児難聴の選別検査法として有用であることが示された。

謝 辞

稿を終えるに臨み、御指導、御校閲を賜った恩師梅田良三教授に心から感謝の意を表します。また、御協力を戴きました金沢医科大学耳鼻咽喉科学講座の諸先生、本学神経精神医学講座の古田寿一郎先生、県庁公衆衛生課の諸氏および県内の保健婦に深謝致します。併せて、御助言、御協力を戴いた教室員各位に感謝致します。

なお、本研究の要旨は、第16回国際オージオロジー会議(於：ヘルシンキ)、第29回、第30回日本オージオロジー学会にて発表した。

文 献

- 1) Northern, J. L. & Downs, M. P.: Hearing in Children. 3d, eds., p1-22, Williams & Wilkins, Baltimore, 1984.
- 2) Bees, F. H.: Children with unilateral hearing loss. J. Acad. Rehabil. Audiol., 15, 131-144 (1982).
- 3) Galloway, F. T. & Butler, R.A.: Conditioned eyelid response to tone as an objective test of hearing. J. Speech & Hearing Dis., 21, 47-55 (1956).
- 4) Richmond, J. B.: A hearing test for newborn infants. Pediatrics, 11, 634-638 (1953).
- 5) Ewing, I. R. & Ewing, A. W.: The ascertainment of deafness in infancy and early children. J. Larynx & Otol., 59, 309-333 (1944).
- 6) 上条 豊: 新生児聴力測定の研究。日耳鼻, 64, 848-854(1961).
- 7) 木内崇甫: 3現象同時記録法による新生児の聴力測定。日耳鼻, 65, 34-42 (1962).
- 8) Galambos, R., Rosenberg, P. E., & Gloning, A.: The eye blink response as a test for hearing. J. Speech & Hearing Dis., 18, 373-378 (1953).
- 9) Hahlbrock, K. H.: Die audiometrische Prüfung des akustischen Lidreflexes. Archiv. Ohren- usw. Heilk. u.z. Hals- usw. Heilk., 174, 139-149 (1959).
- 10) Hoverstein, G. H. & Moncur, J. P.: Stimulus and intensity factors in testing infants. J. Speech & Hearing Res., 12, 687-702 (1969).
- 11) Suzuki, T. & Sato, I.: Free field startle response audiometry a quantitative method for determining hearing threshold of infant children. Ann. Otol., 70, 997-1007 (1961).
- 12) Dicarolo, L. M. & Bradley, W. H.: A simplified auditory test for infant and young children. Laryngoscope. 71, 628-645 (1961).
- 13) Altman, M.M.: Semi-objective method for auditory mass screening of neonates. Acta Otolaryn., 79, 46-50 (1975).
- 14) Ling, D.: Stimulus, response and observe variables in the auditory screening of newborn infants. J. Speech & Hearing Res., 13, 9-18 (1970).
- 15) Eisenberg, R. E.: Auditory behavior in the human neonate a preliminary report. J. Speech & Hearing Res., 7, 245-269 (1964).
- 16) 鈴木篤郎: 他覚的聴力測定。日耳鼻, 63, 636-637 (1960).
- 17) Keen, R.: Effect of auditory stimuli on sucking behavior in the human neonate. J. exper. Child Psychol., 1, 348-354 (1964).
- 18) Wedenberg, E.: Auditory test on newborn infants. Acta Oto Laryn., 46, 446-461 (1956).
- 19) Goodhill, V.: Directional free field startle reflex audiometry. Arch. Otolaryn 59, 176-177 (1954).
- 20) 鈴木重忠・能登谷晶子: 入眠時聴性開眼反応。Audiology Japan 23, 26-33(1980).
- 21) 清野茂博(訳): 睡眠脳波アトラス, 標準用語・手技・判定法, 医歯薬出版, 東京, 1971.
- 22) Watrous, B. S., McConnell, F., Sitton, A. B., & Fleet, W. F.: Auditory responses of infants. J. Speech & Hearing Dis. 40, 357-366 (1975).
- 23) 加我君孝・田中美郷: 乳幼児の聴性脳幹反応と行動観察による聴力検査からみた発達の变化, 脳と発達, 10, 284-290 (1978).
- 24) Downs, M. P. & Sterritte, G. M.: A guide to newborn and infant hearing screening programs. Arch. Otolaryn., 85, 15-22 (1967).
- 25) Säring, W. & D. von Cramon: The acoustic blink reflex stimulus dependence, excitability and localizing value. J. Neurol., 24, 243-253 (1981).
- 26) 心理学事典: P567, 平凡社, 東京, 1971.
- 27) 鈴木重忠・能登谷晶子・杉盛 恵・宮崎為夫: 正常者における1音節復唱過程の分析。日耳鼻, 85, 1437-1442 (1982).
- 28) Steinberg, D. D. 山田 純・竹本伸介: 聾学校児童生徒の言語習得。聴覚言語障害, 6, 117-125 (1977).

- 29) Walter, G. G.: Lexical abilities of hearing and hearing-impaired children. *Am. Ann. Deaf*, **123**, 976-982 (1978).
- 30) Moores, D. F., Karen, L. W., & Goodwin, M. W.: Early education programs for hearing-impaired children. *Am. Ann. Deaf*, **123**, 925-936 (1978).
- 31) 今井秀雄: 聴覚言語障害乳幼児の早期療育に関する研究. 科学研究費補助金報告書(1980).
- 32) Kite, K. Y. & Steinberg, D. D.: 聾学校高等部3学年生徒の発話能力の研究. *ろう教育科学*, **21**, 181-187 (1980).
- 33) Steinberg, D. D. & Steinberg, M. T.: Reading before speaking. *Visible Language*, **9**, 197-224 (1975).
- 34) 鈴木重忠・能登谷晶子: 重度聴覚障害幼児の1歳代における音声および文字言語の習得成績. *音声言語医学*, **24**, 240-247 (1980).
- 35) Suzuki, S. & Notoya, M.: Teaching written language to deaf infants and preschoolers. *Topics in Early Childhood Special Education*, **3**, 10-16 (1984).
- 36) 田口喜一郎: 新生児聴覚スクリーニング. *日耳鼻*, **75**, 924-936 (1972).
- 37) Shapiro, I.: Newborn hearing screening in a country hospital. *J. Speech & Hearing Dis.*, **39**, 89-92 (1974).
- 38) Frankenberg, W. K. & Dodds, J. B.: The Denver developmental screening test. *J. Pediatrics*, **71**, 181-191 (1967).
- 39) 田中美郷・小林はるよ・進藤美津子・加我君孝: 乳児の聴覚発達とその臨床および難聴児早期スクリーニングへの応用. *Audiology Japan*, **21**, 52-73 (1978).
- 40) Simmons, F. B. & Russ, F. N.: Automated newborn hearing screening, the Crib-o-gram. *Arch. Otolaryn*, **100**, 1-7 (1974).
- 41) 鈴木篤郎・田中美郷: 幼児難聴. 医歯薬出版, 東京, (1979).
- 42) 今井秀雄・菅原廣一: 聴覚障害児の早期発見に関する研究, -新生児聴力検査および High Risk 児のフォローアップ検査を中心にして-. 昭和57年度厚生省心身障害研究報告書, (1983).
- 43) Mencher, G. T.: A program for neonatal hearing screening. *Audiology*, **13**, 495-500 (1974).
- 44) 石沢博子: 幼児難聴原因への推移. *Audiology Japan* **16**, 120-123 (1973).
- 45) 田中美郷・赤井貞康・加我君孝: 帝京大学耳鼻咽喉科小児難聴言語外来で扱った過去7年間の幼児難聴の原因について, -難聴児の早期スクリーニングに関して-. 昭和56年度厚生省心身障害研究報告書, (1982).
- 46) Northern, J. L. & Downs, M. P.: *Hearing in Children*. 3d. eds., p223-267, Williams & Wilkins, Baltimore., 1984.
- 47) Hardy, W. G., Hardy, J. B., Brinker, C. H., Frazier, T. M. Dougherty, A.: Auditory screening of infants. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, **71**, 759-766 (1962).
- 48) 船木フキ子・時田信博・阿瀬雄治・堀口申作: 新生児聴力スクリーニング. (1)検査音と反応様式について. *Audiology Japan*, **12**, 227-228 (1969).
- 49) 鈴木重忠・金作美矢子・能登谷晶子・大館清・宮崎為夫・梅田良三: 純音による幼児選別聴力検査成績. *Audiology Japan*, **19**, 173-177 (1976).

An Infant Hearing Screening Test Using Auditory Eye Opening Response at Onset of Sleep
Shigetada Suzuki, Department of Otorhinolaryngology, School of Medicine, Kanazawa University, Kanazawa 920 - *J. Juzen Med. Soc.*, **95**, 346-361 (1986)

Key words: auditory eye opening response, infant hearing screening, electrophysiological study.

Abstract

The effectiveness of an infant hearing screening using AEOR (Auditory Eye Opening Response at Onset of Sleep) was investigated. In Part I of the study, 75 (150 ears) normal hearing and 41 (62 ears) hearing impaired infants aged 10 days to 11 months were tested with AEOR using either a warble tone (3kHz, 50dB(A)) or tongue clicking sounds (50-55dB(A)). Among the

normal hearing subjects, the specificity was 99%. The sensitivity was 100% for the bilaterally hearing-impaired ears (N=42) and 85% for the unilaterally hearing-impaired ears (N=20). In Part II, electrophysiological analysis for three normal hearing adults revealed that AEOR is evoked in the later part of wakefulness stage and earlier part of sleep stage 1 with the latency of approximately 600 msec, accompanied by the change in EEG (α -blocking or presenting α waves). These results suggest that AEOR is a kind of arousal or searching response with is controlled by higher levels. In the last part of the study, AEOR was administered by the mothers at home. Subjects were 56,000 infants younger than 11 months of age in Ishikawa Prefecture during the four-year period of 1981-1984. Three-hundred and forty-two (0.61%) infants failed to respond to AEOR. They were followed by BOA (Behavioral Observation Audiometry) at local health centers and 80 (0.14%) infants were considered possibly hearing impaired. Finally, 24 infants (0.04%, mean age=4.8 months) were identified as definitely hearing impaired (mild to deaf) by ABR and other audiometric measures at the University Hospital. The present screening method using AEOR was effective compared with those reported in other studies which employed different screening methods.